

# ***Evolution als Werkzeug***

**Rotary Club  
Lenzburg, 13. März 2017**

Rudolf M. Füchslin  
Zurich University of Applied Sciences

# Probiere goht über schtudiere!

Kasperli im Gespräch mit Prof. Tüpfli  
"Die drüü goldige Schlösser"



## Probiere geht über studiere!

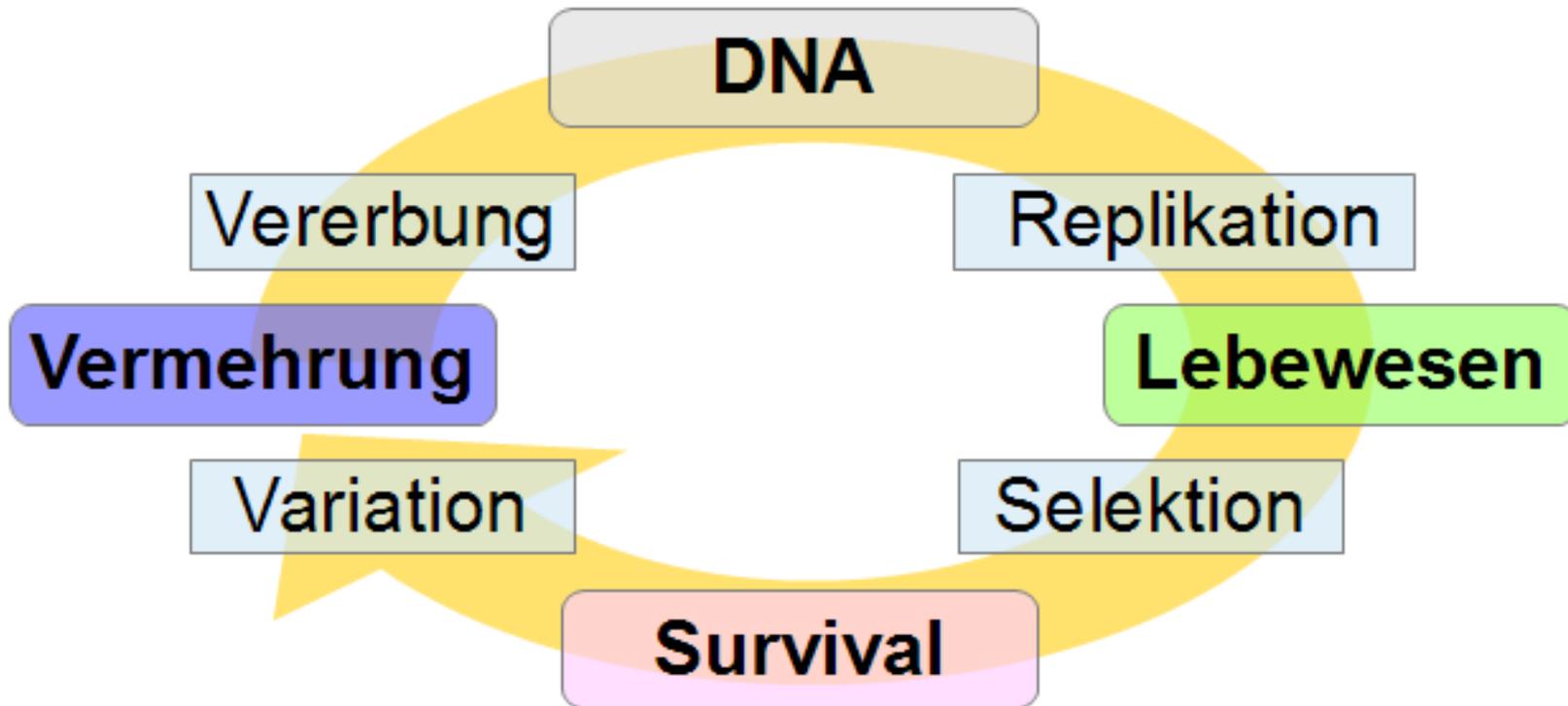
Kasperli im Gespräch mit Prof. Tüpfli  
Die drüü goldige Schlösser

**Aber man kann studieren, wie man probiert!**

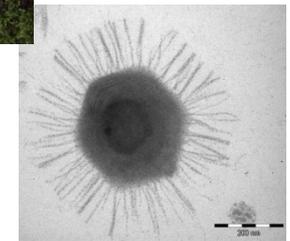
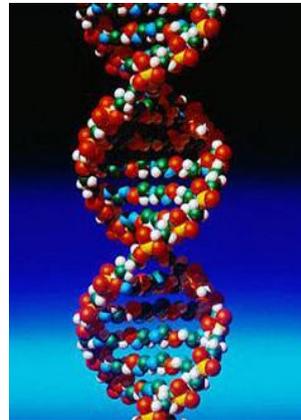
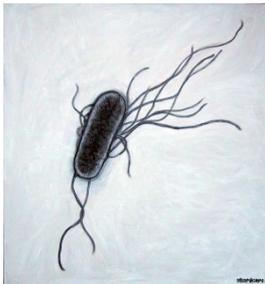


- **Evolution**
- **Evolution an der ZHAW**
- **Deep Learning: Die nächste Stufe der künstlichen Intelligenz**
- **Die Mission der ZHAW**

# Natürliche Evolution



# Natürliche Evolution

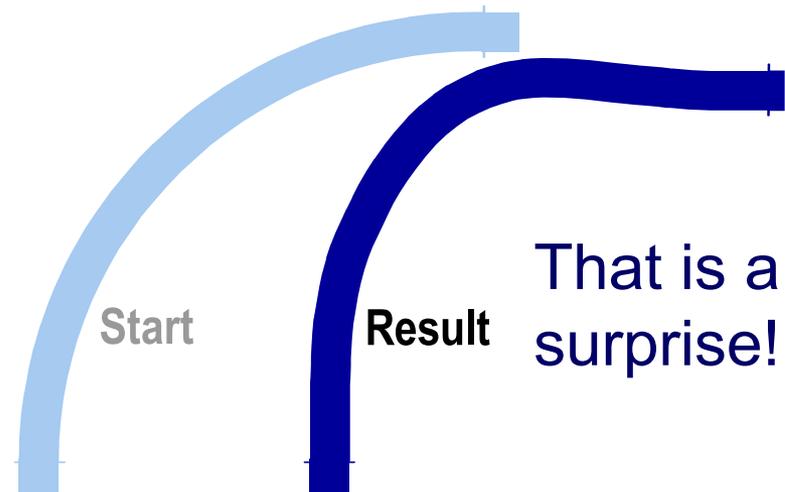
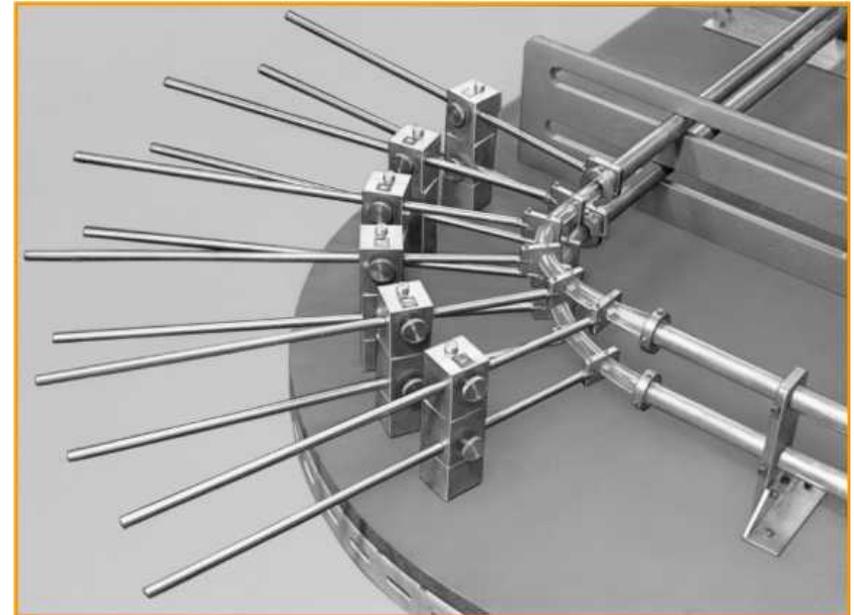


# Das “Tubing Problem”

- Flüssigkeit sollte mit möglichst geringem Widerstand fließen.
- Sechs manuell einstellbare Schieber bestimmen die Form des Rohrs.

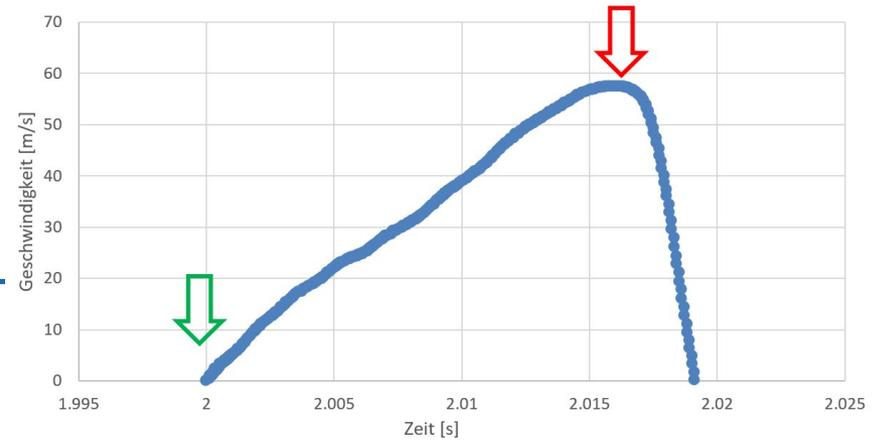
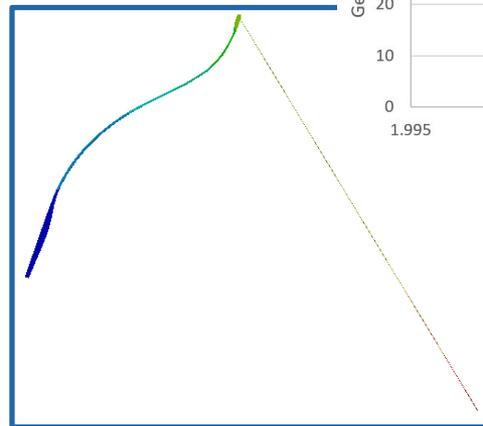
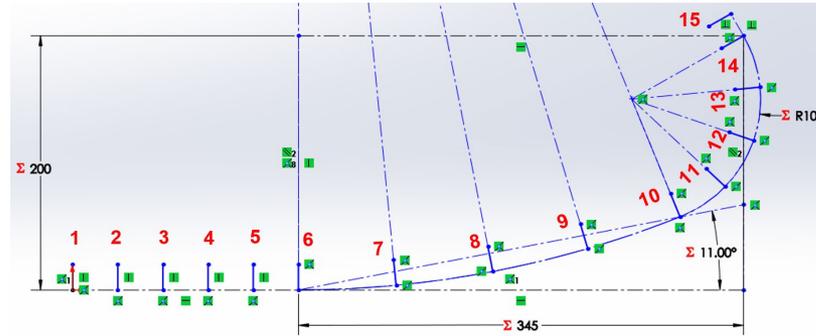
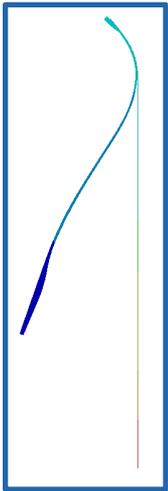
**Gesucht: Ideale Form  
des Rohrs.**

Ingo Rechenberg, TU Berlin (60er)

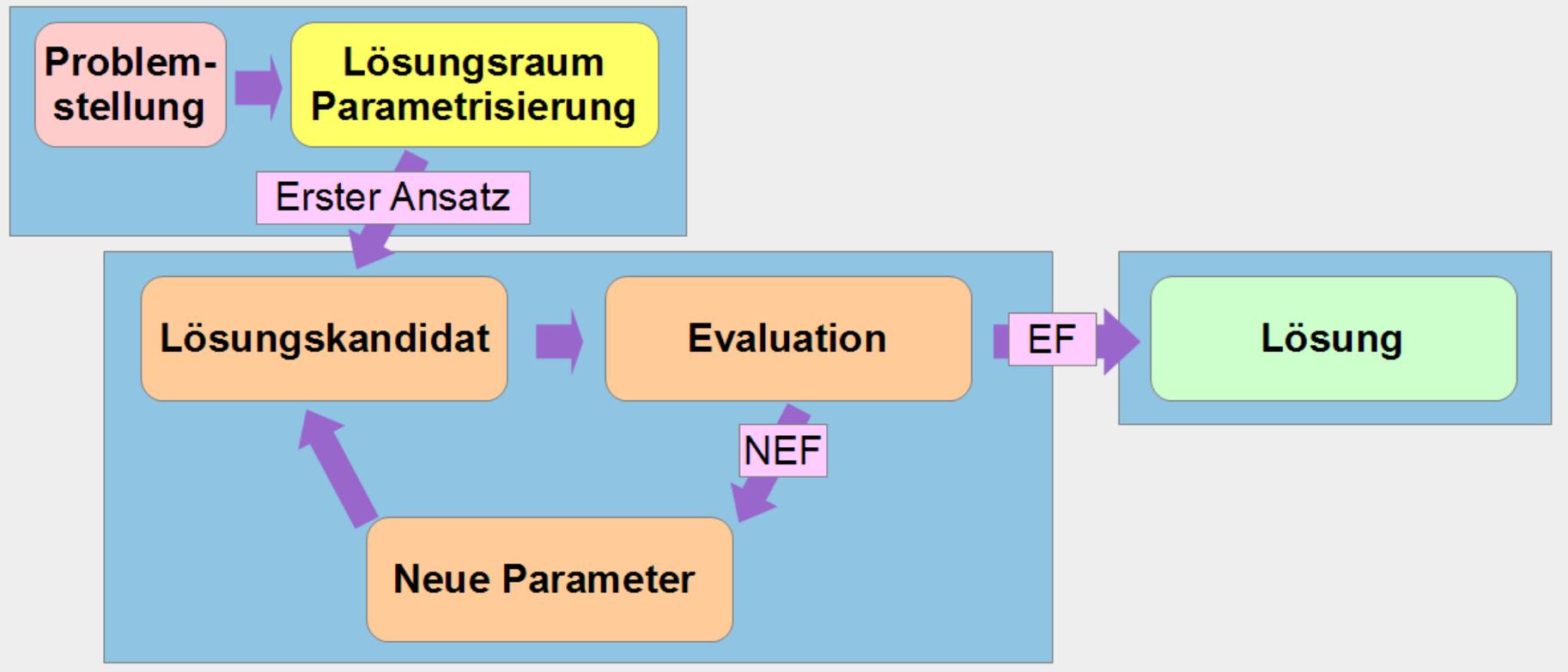


# Optimale Bögen

$\Phi$   
Ten

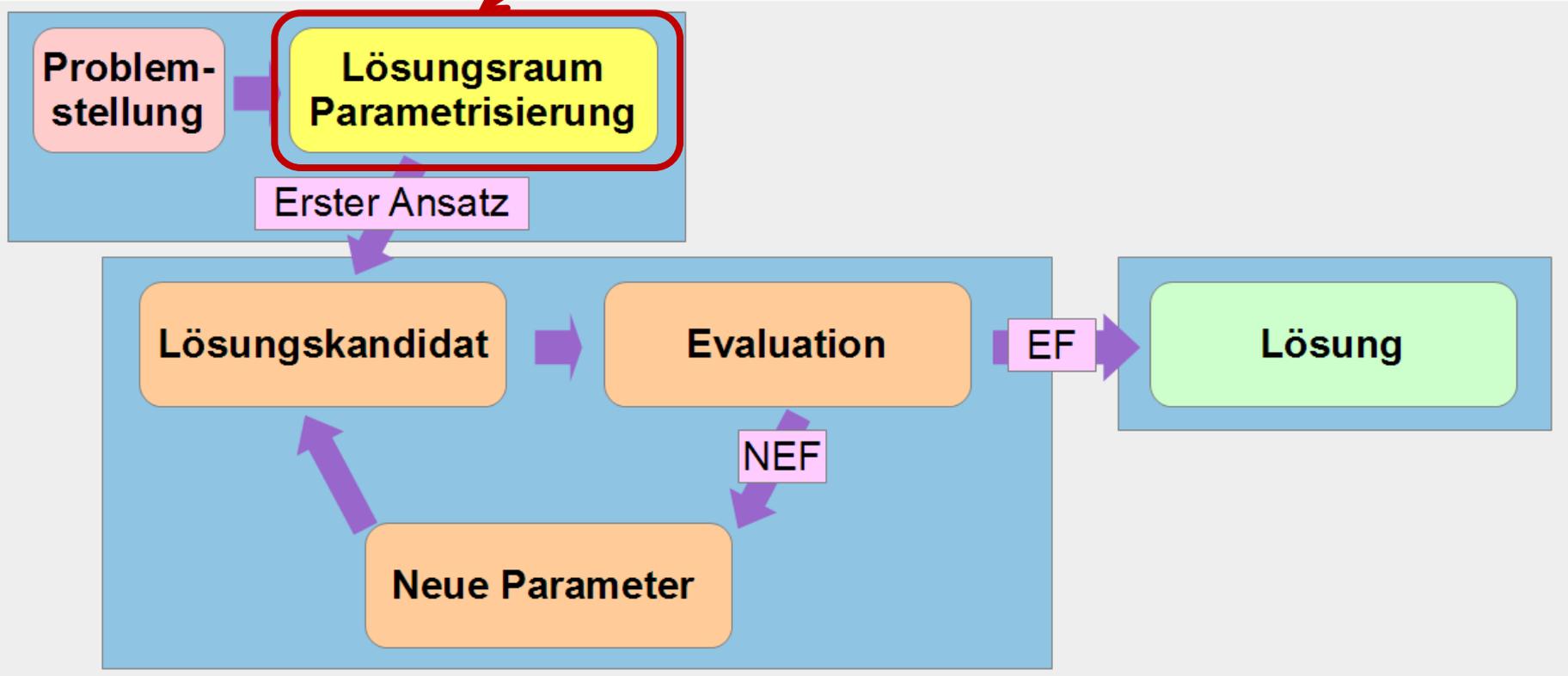


# Wo liegen die Herausforderungen?



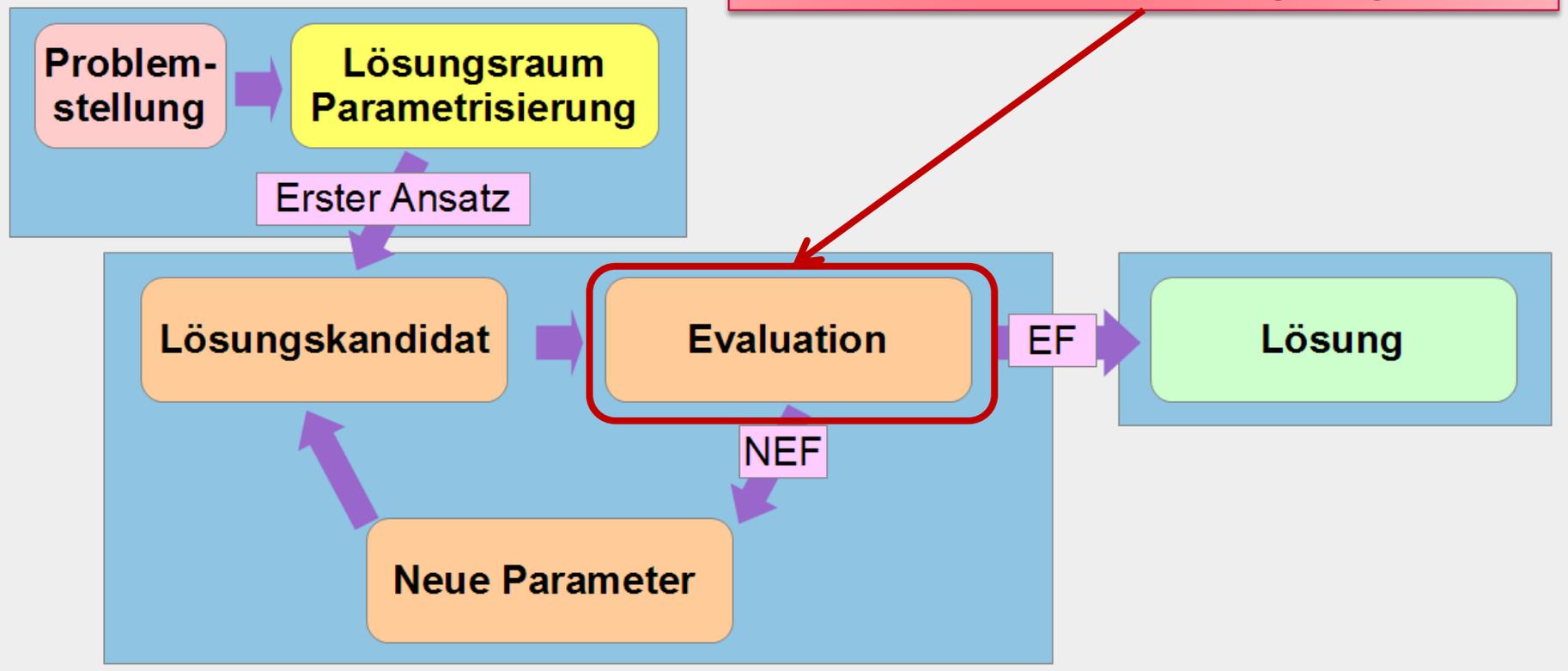
# Wo liegen die Herausforderungen?

- Wie wählt man die "Stellschrauben"?



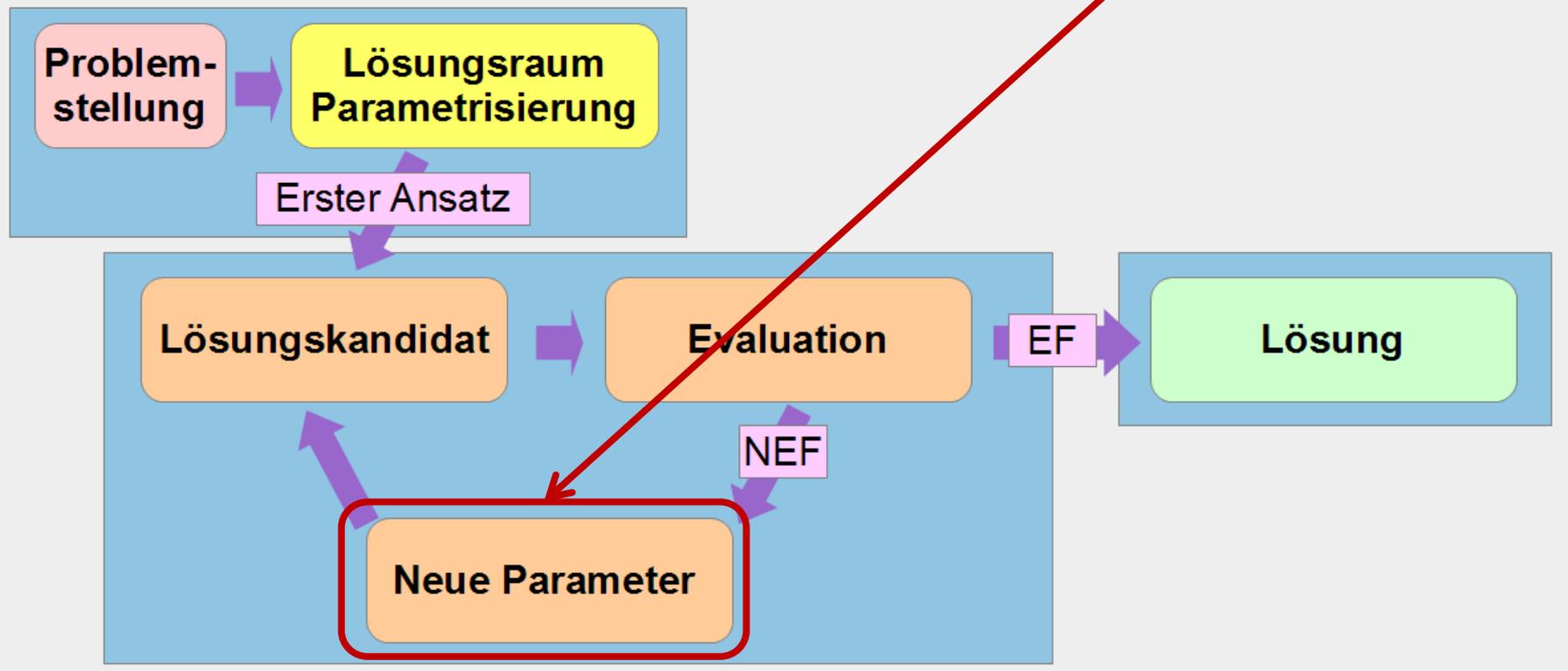
# Wo liegen die Herausforderungen?

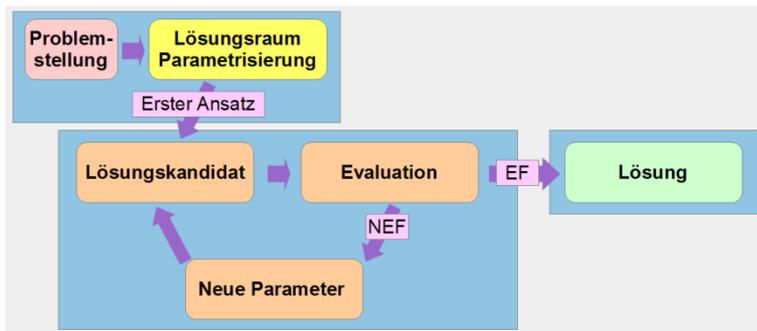
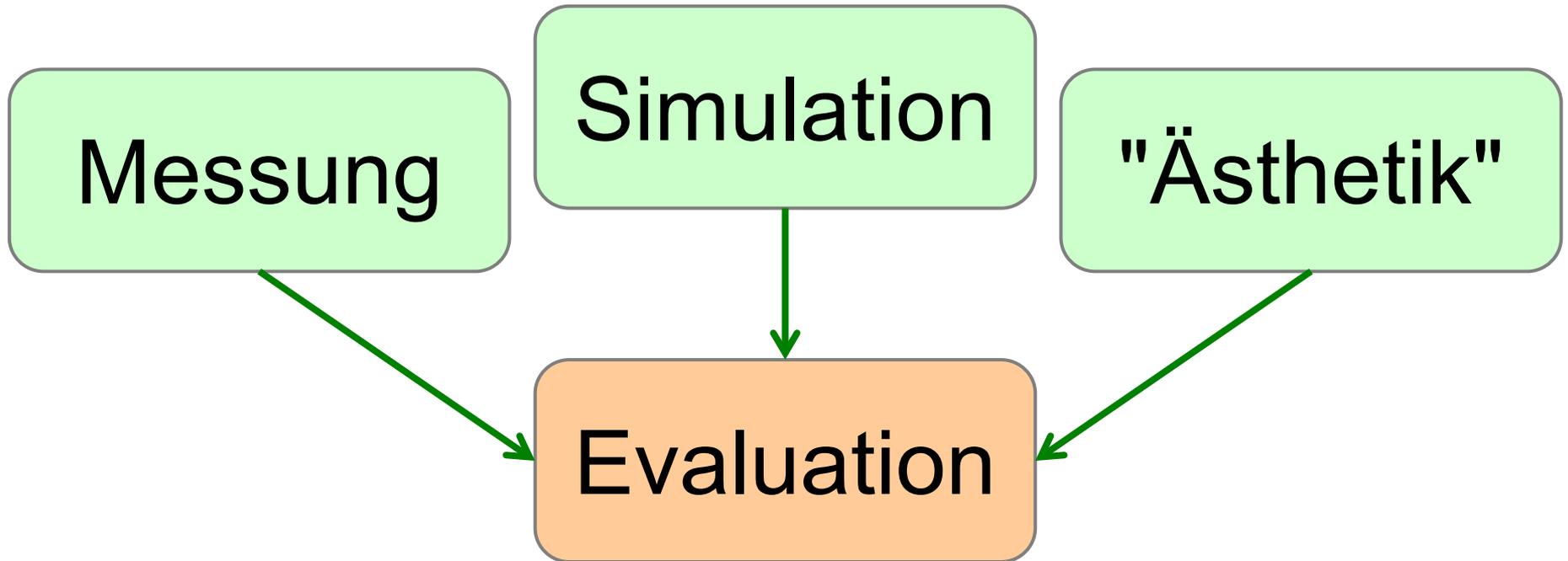
- Wie messen wir die Qualität der Lösung?
- Wie definieren wir "Gut genug"?

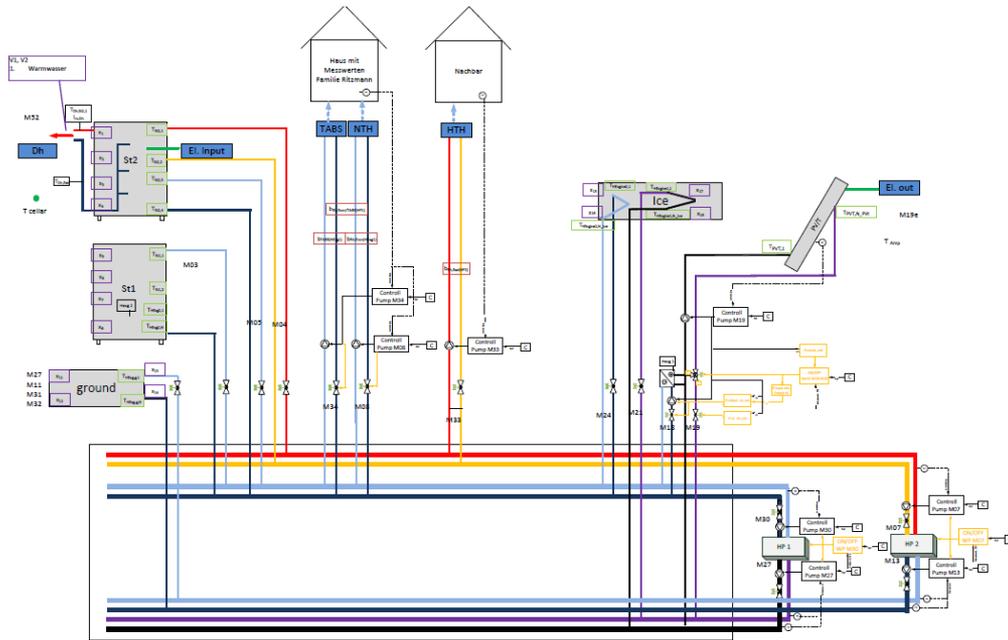


# Wo liegen die Herausforderungen?

- Wie bestimmen wir die neuen Parameter?







Offizielles Organ des Schaffhauser Bauernverbandes und seiner Fachsektionen

## SCHAFFHAUSER BAUER

DONNERSTAG, 50. JUNI 2016, NUMMER 25

2

### PILOTPROJEKT

## Kreativität und Erfindergeist sind seine Markenzeichen

Jungunternehmer Reno Ritzmann blickt voraus. Dem Elektroingenieur ist klar: Er wird bereits mittelfristig sehr knapp. Darum sucht der Entwickler neue Wege. In Guntmadingen wird derzeit ein Pilotprojekt fertiggestellt. Dieses setzt neben der Gewinnung nachhaltiger Energie auch auf deren Speicherung und die Möglichkeit der bedarfsgerechten Nutzung.

Partenerunternehmen ein ausgeklügeltes Gesamtsystem entwickelt, das Energie erzeugt, speichert und nach Bedarf freigeht. Erwärmt und gekühlt werden können damit zusätzlich rund 20 Wohnungen der Nachbarschaft. Herzstück ist der Eisspeicher. Auf dem Dach nutzen Hybridkollektoren die Sonnenenergie optimal. Sie erzeugen zu 80 Prozent Wärme und zu 20 Prozent Strom. Die Umgebungswärme wird über Erdregierer aufgenommen und dort mittelfristig gespeichert. Egentliches Herzstück der thermischen Energiespeicherung ist jedoch der Eisspeicher. Dieser befindet sich in der ehemaligen Güllegrube des Bauernhauses und wird mit 150 m<sup>3</sup> Regenwasser befüllt. Im Winter kann dem

Wasser Wärme für die Liegenschaft entzogen werden, wodurch es gefriert. Das vollständige Auflauen erfolgt im Sommer mittels Energie der Sonnenkollektoren. Das ganze Jahr über kann das Eis zudem über die Nutzung von Abwasserwärme aus der Gemeinde teilweise vorflutigt werden.

Sämtliche Systemkomponenten, Mauer, Böden, Röhren sowie Erdregierer sind mit Temperatursensoren ausgestattet. Deren laufende Messungen ermöglichen es, die Effektivität der einzelnen Systemelemente zu überprüfen und deren Kosten-Nutzen-Verhältnis zu analysieren. Auch das zentrale Steuermodul, das die Produktions- und Speicherstrategien regelt, nutzt die Messungen. Dieses modellbasierte prädiktive System (MPC) ermittelt aufgrund der Messdaten, den Energiebezug sowie von Wetterprognosen kontinuierlich die optimalen Einstellungen. Entsprechend steuert es die veretzten Komponenten.

Das Projekt wird vom Bund unterstützt. Zurzeit betreibt Ritzmann vier Eisspeicherprojekte. Zwei sind in Planung, zwei werden derzeit realisiert ([www.eisspeicher.ch](http://www.eisspeicher.ch)). **Interview: sbr**

### NACHGEFRAGT

#### «Faszinierend»

Auch Hansueli Graf hat die Pilotanlage Sunnegg in Guntmadingen besucht. Der Landwirt und Präsident des Vereines Landesenergie Schaffhausen erklärt im Interview, wie er das Projekt und den Nutzen von Eisspeichern in ehemaligen Güllegruben einschätzt.

Schaffhauser Bauer Hansueli Graf. Sie beschäftigen sich seit Jahren mit erneuerbarer Energie. Was halten Sie vom Projekt Sunnegg?

Hansueli Graf, Präsident Schaffhauser Landesenergie: Die Möglichkeit ist faszinierend, mit dem Eisspeicher im Sommer Energie zu speichern und diese dann im Winter abzurufen. Das ist in dieser Form und in diesem Ausmass absolut neu. Da zudem mit der Energie so ressourcenschonend umgegangen wird, braucht das Projekt insgesamt fast keine Fremdenergie mehr. Mich beeindruckt das sehr.

Ist der Eisspeicher im Gülleloch für Landwirtschaftsbetriebe eine Chance? Der Ansatz ist grossartig und eröffnet eine völlig neue Dimension der Energiespeicherung im ländlichen Bereich. Die Speicherung von Energie wird in Zukunft noch viel wichtiger werden.



Reno Ritzmann (c.) erläutert die komplexe Vernetzung der verschiedenen Produktions- und Speicher-elemente (l. Graf Mauer, Co-Entwickler des Projekts).



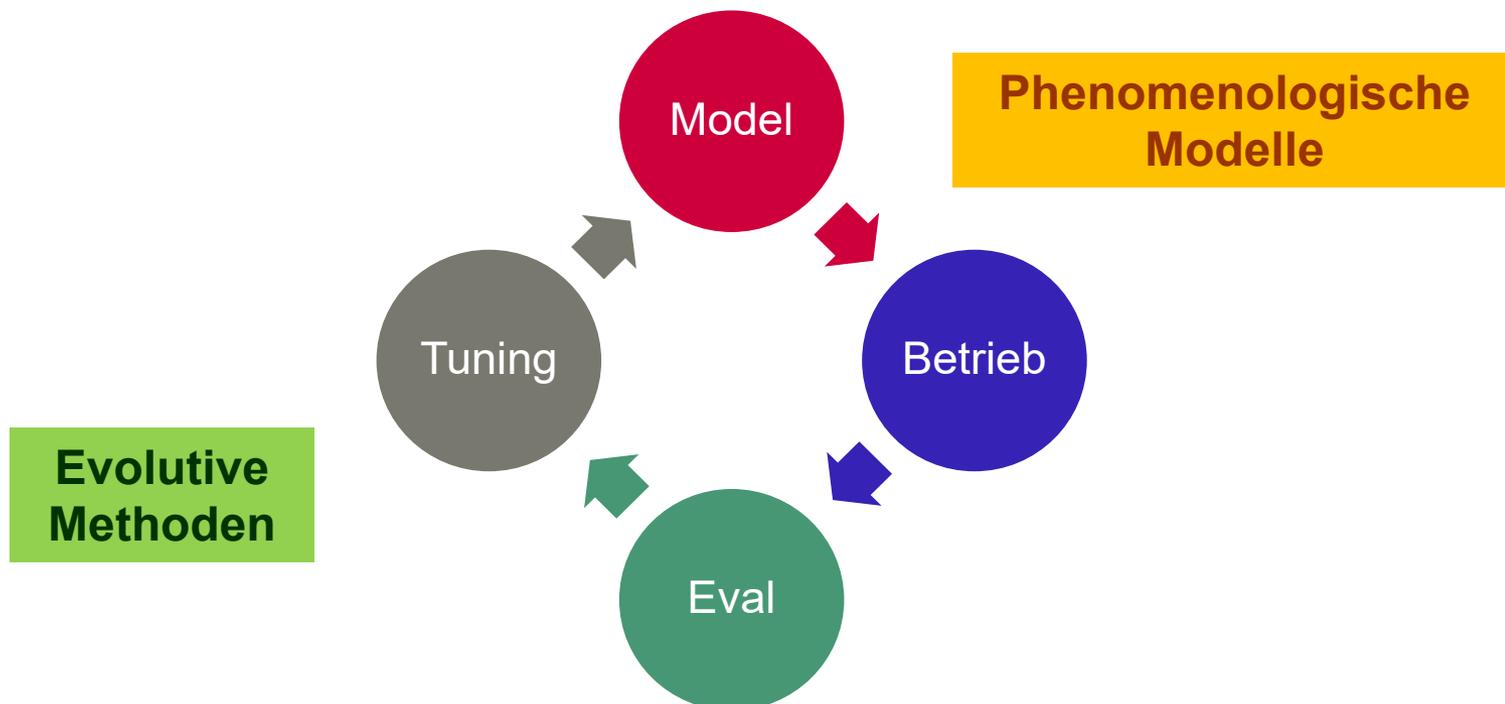
# RINO

Electronics AG

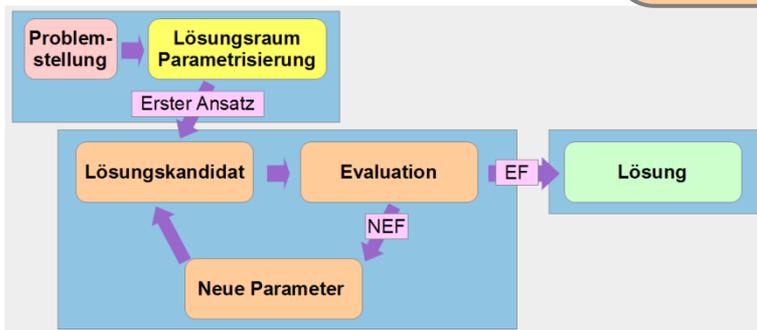
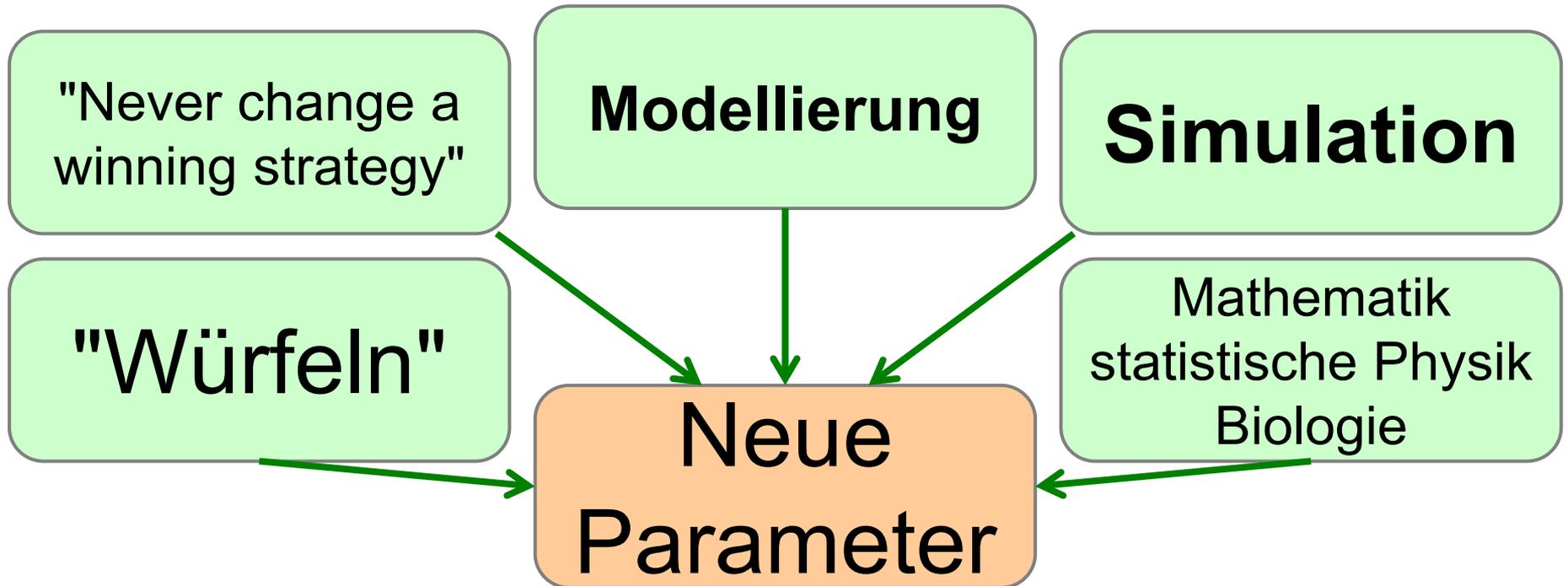


# Energie: Mehrfamilienhäuser

- Mehrere Wärmelevel → komplizierte Steuerung
- ZHAW Ansatz: Adaptive Model Predictive Control



# Neue Parameter



# Modellierung

$$ax^2 + bx + c = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Reines Rechnen, es  
existiert ein sicherer  
Lösungsalgorithmus

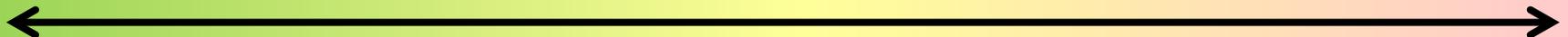
**Künstliche  
Evolution:  
Rational  
unterstütztes  
Raten**



Reines Raten, es  
existiert keinerlei  
Lösungsalgorithmus

Lösbar

Unlösbar

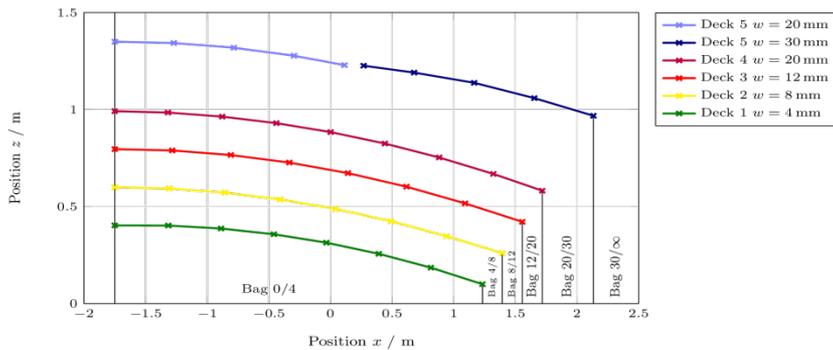
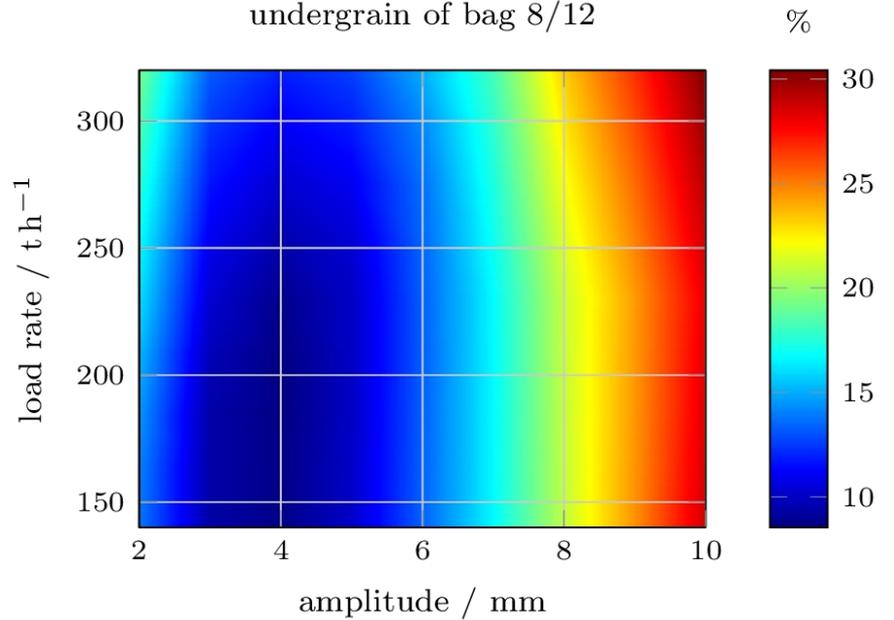




Geometry sieve VA1840

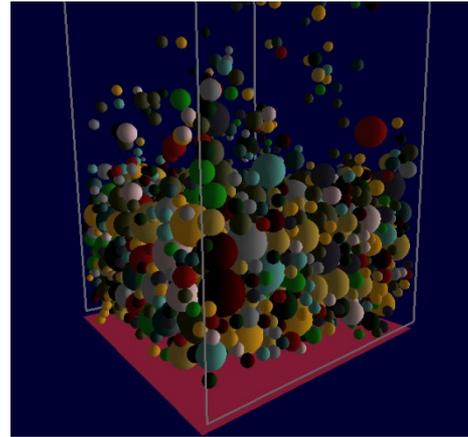


undergrain of bag 8/12



# Was nicht funktioniert: Reine Simulation

- Positionen, Formen und Geschwindigkeiten aller Steinchen
- Maschinendynamik
- Maschinengeometrie



Verteilung des Siebguts

Simulation von  $10^6$  Objekten

**Optimierungsziel: Maschinengeometrie**

# Was nicht wirklich funktioniert

Machine parameters:

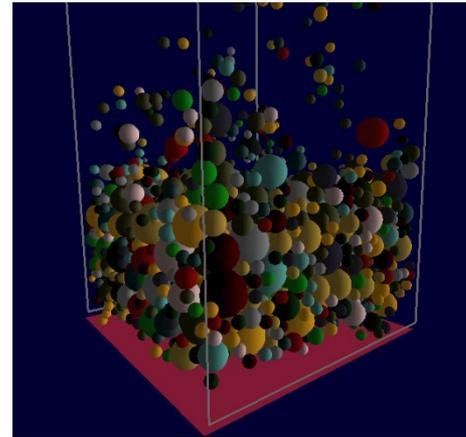
$\omega$ : angular frequency [ $s^{-1}$ ]

$A$ : amplitude [m]

$f$ : feed rate [t/h]

$\alpha$ : inclination angle

$\beta$ : vibration angle



Model parameters for fraction  $n$ :

$v_{ij,n}$ : average velocity on deck  $i$ , segment  $j$  [m/s]

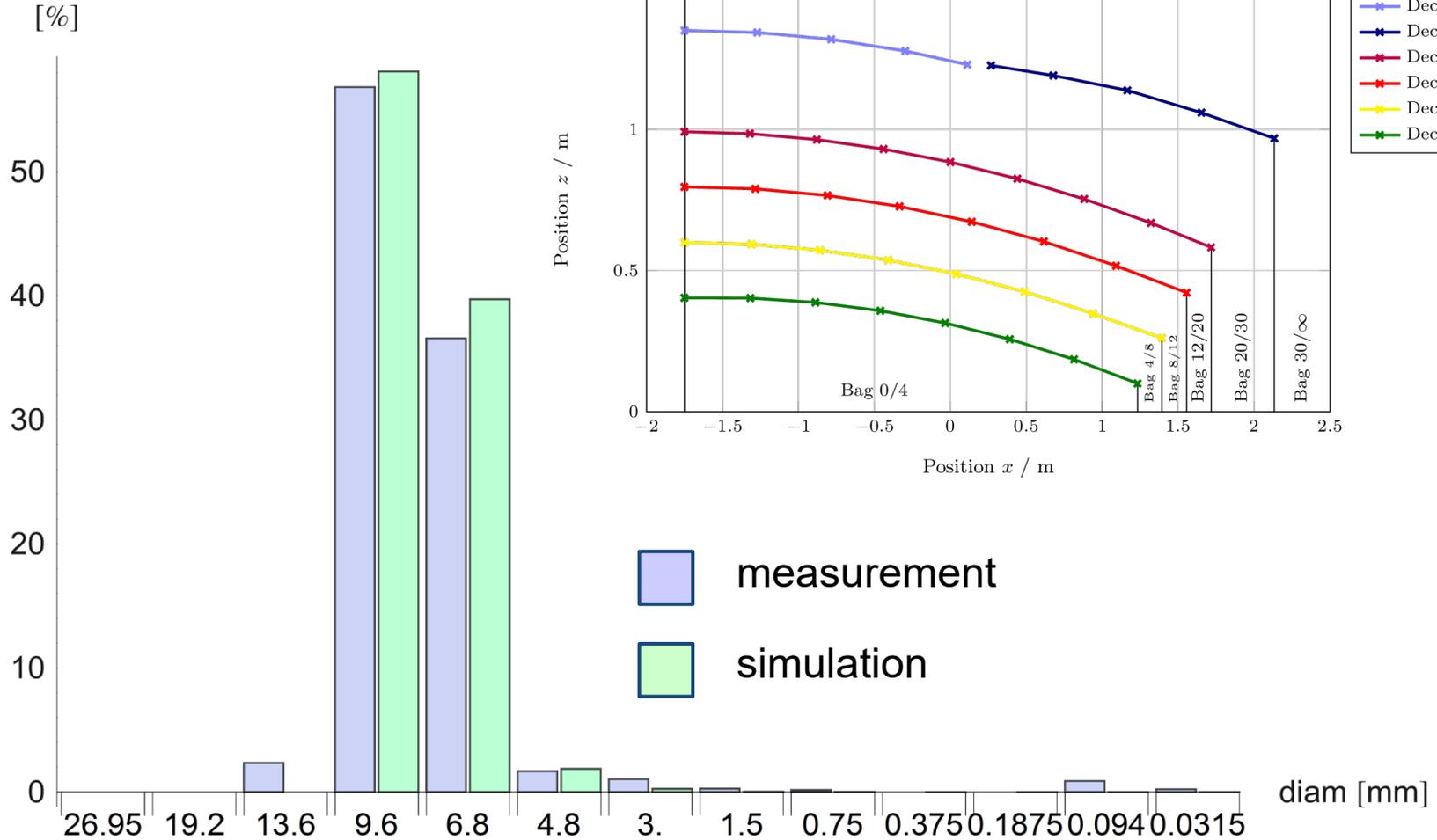
$\sigma_{ij,n}$ : average collision rate on deck  $i$ , segment  $j$  [1/s]



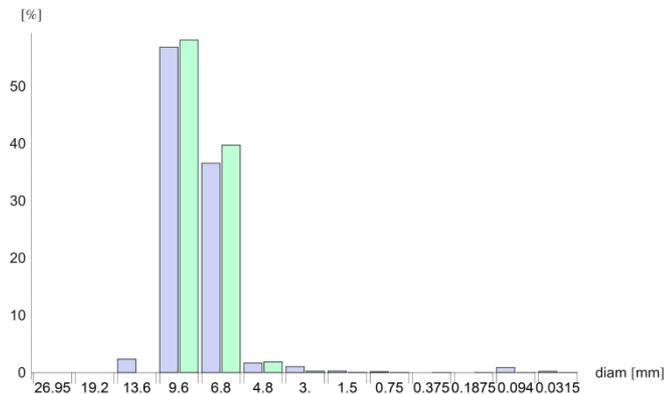
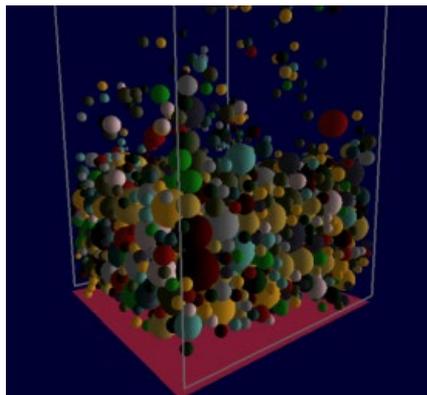
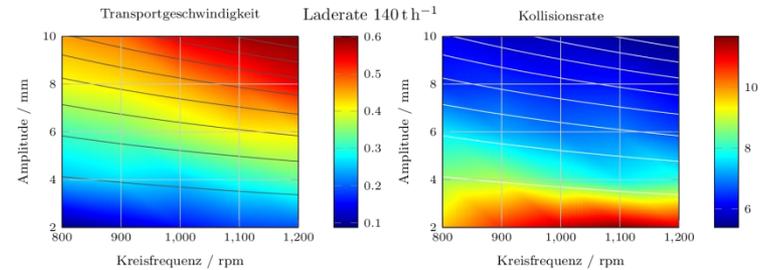
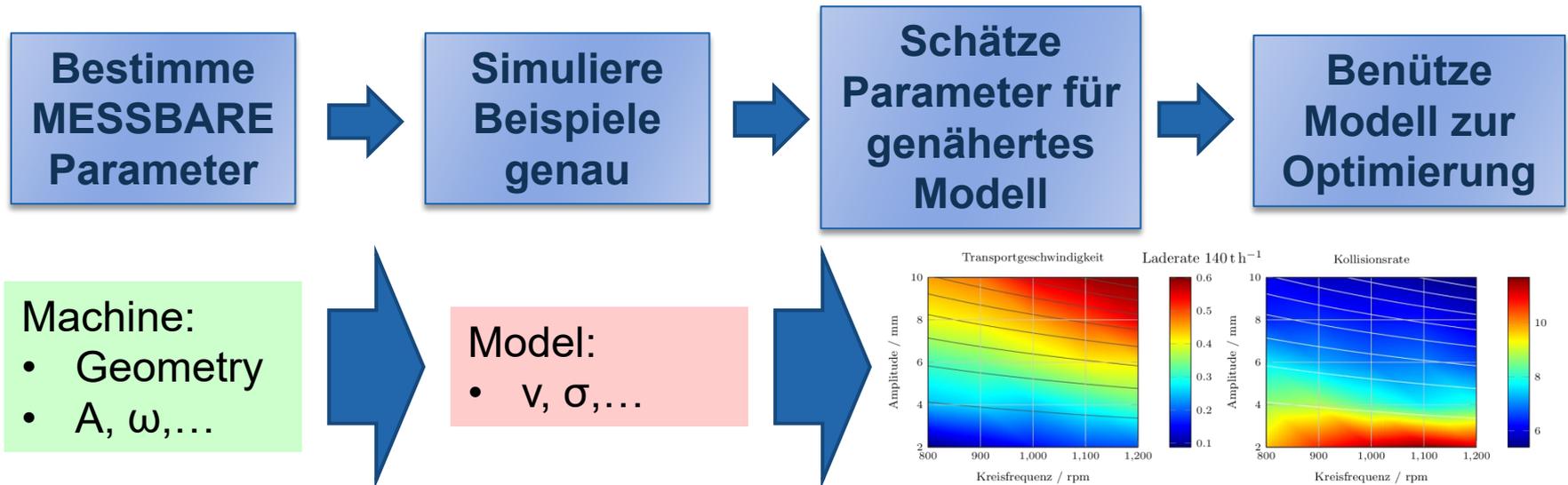
$$\frac{d\varphi_{ij,n}}{dt} = I_{ij,n} - \frac{v_{ij,n}}{\lambda_{ij}} \varphi_{ij,n} - \sigma_{ij,n} \rho_{ij,n} \varphi_{ij,n} + \frac{v_{ij-1,n}}{\lambda_{ij-1}} \varphi_{ij-1,n} + \sigma_{i-1j,n} \rho_{i-1j,n} \varphi_{i-1j,n}$$

# Vergleich Modell - Messung

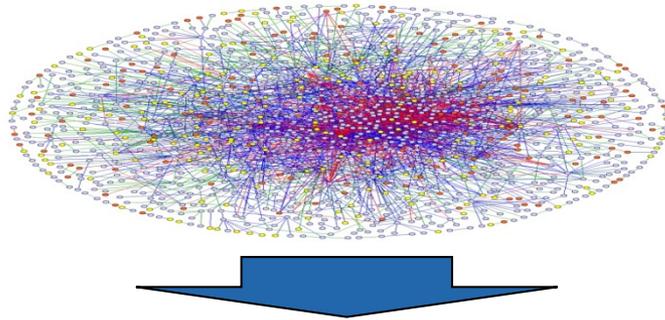
bag812



# Evolutionäre Optimierung



## HT – RT OPTIMIZATION



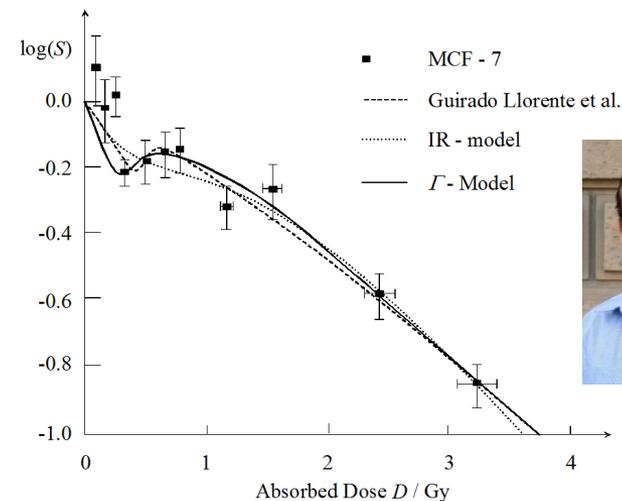
Phenomenological top – down model of synergistic effect of hyperthermia and radiotherapy.

$$\frac{dN_i}{dt} = f(N_i, N_k, \dots, \Gamma, \Lambda) ; \quad \frac{dN_k}{dt} = g(N_i, N_k, \dots, \Gamma, \Lambda)$$

$$\frac{d\Gamma}{dt} = R - h(\Gamma) ; \quad \frac{d\Lambda}{dt} = u(\Lambda) - w(\Lambda)$$

$$\frac{dN_i}{dt} = f(N_i, N_k, \dots, \Gamma) ; \quad \frac{dN_k}{dt} = g(N_i, N_k, \dots, \Gamma)$$

$$\frac{d\Gamma}{dt} = R - h(\Gamma, \Lambda) ; \quad \frac{d\Lambda}{dt} = u(\Lambda) - w(\Lambda)$$



**Grundlagenwissenschaft findet im Labor statt.  
→ Umgebung bekannt ("Laborbedingungen").**

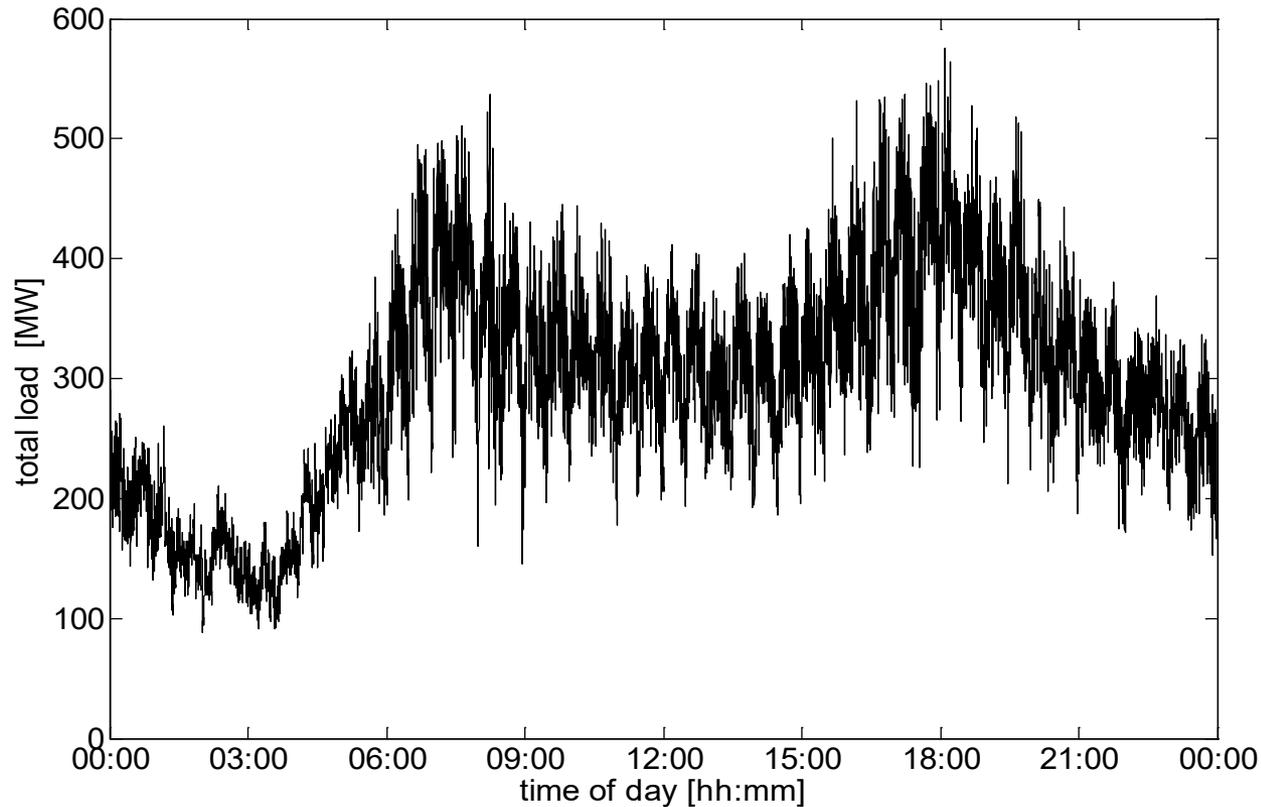
**Angewandte Wissenschaft untersucht Systeme,  
die in eine nur teilweise bekannten Umgebung  
eingebettet sind.  
→ AW muss mit dem Zufall ("Fluktuationen")  
umgehen können.**

**Grundlagenwissenschaft findet im Labor statt.  
→ Umgebung bekannt ("Laborbedingungen").**

**Angewandte Wissenschaft untersucht Systeme,  
die in eine nur teilweise bekannten Umgebung  
eingebettet sind.  
→ AW muss mit dem Zufall ("Fluktuationen")  
umgehen können.**

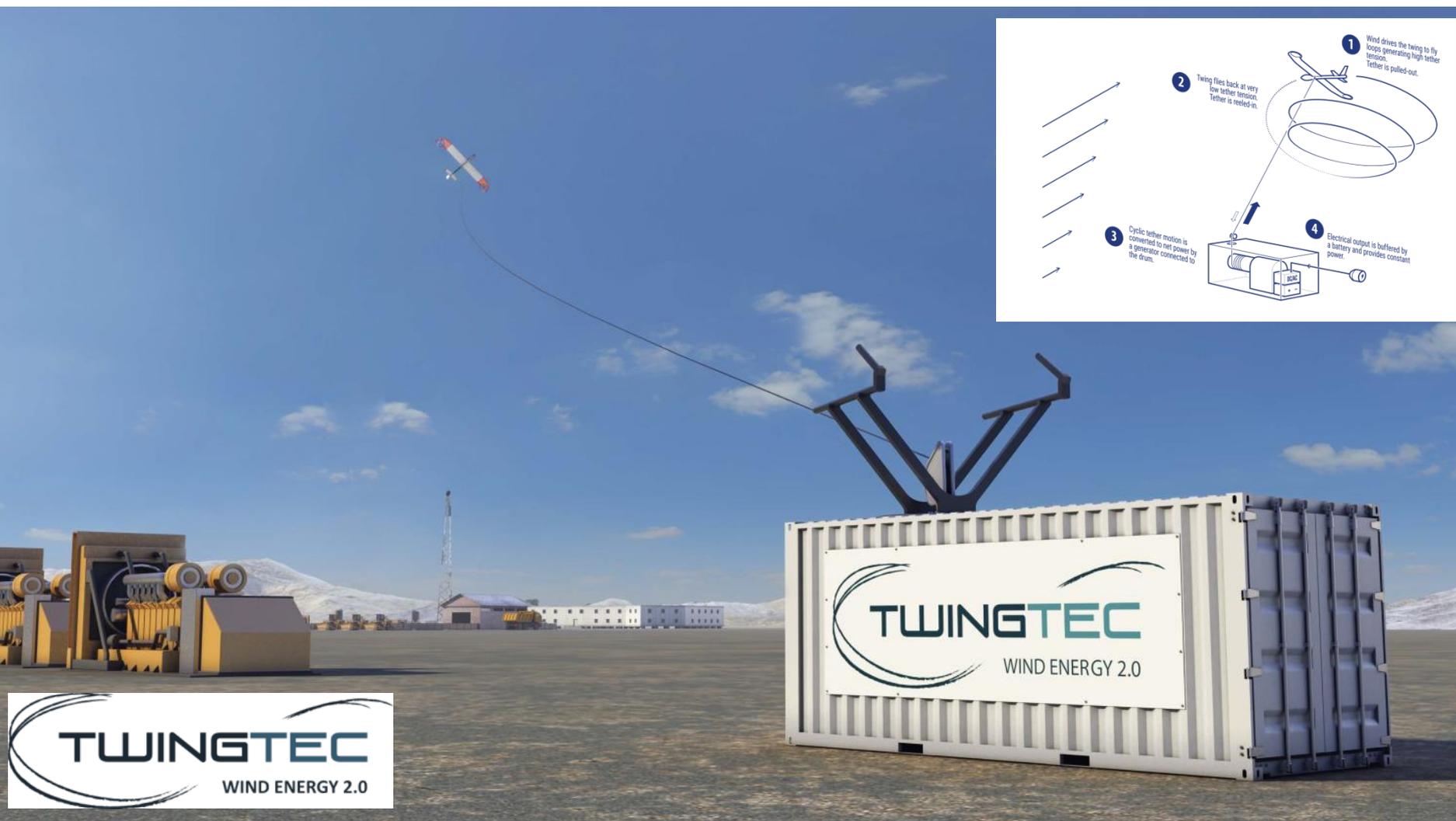
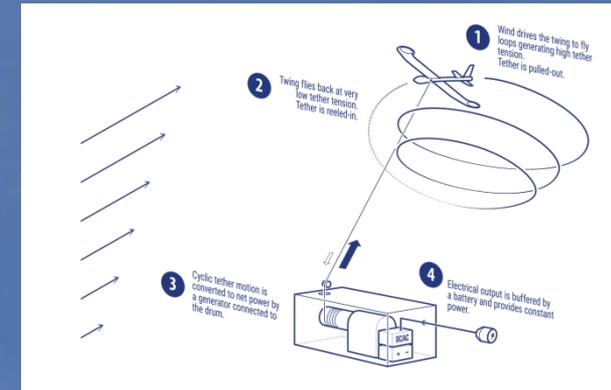
**Häufiges Ziel: Fluktuationsreduktion oder –  
management.**

# Fluktuationen im Bahnnetz



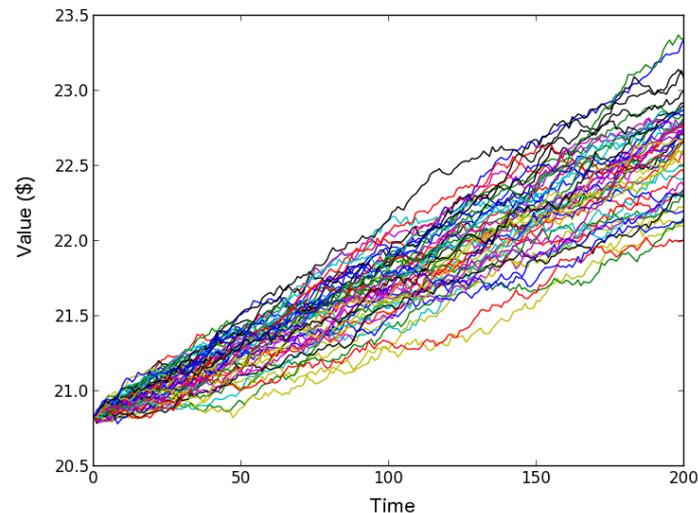
**Fluktuationsreduktion = Energieersparnis = Kostenreduktion**

# Fluktuierende Quellen



# Best / Worst Case

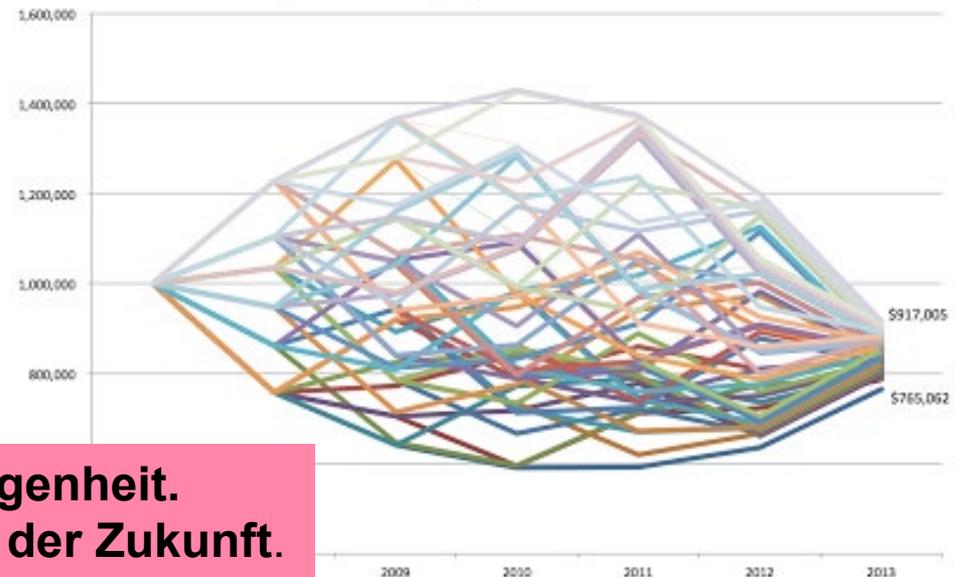
Simulated paths of the value of an asset using Monte Carlo



## Strategy:

- *Prepare for the worst,*
  - *expect the most likely,*
  - *hope for the best!*
- (Gen. S. McChrystal)**

Sample Paths with \$45,000 Annual Withdrawals



**Messungen: Analyse der Vergangenheit.  
Modellierungen: Vorbereitungen der Zukunft.**

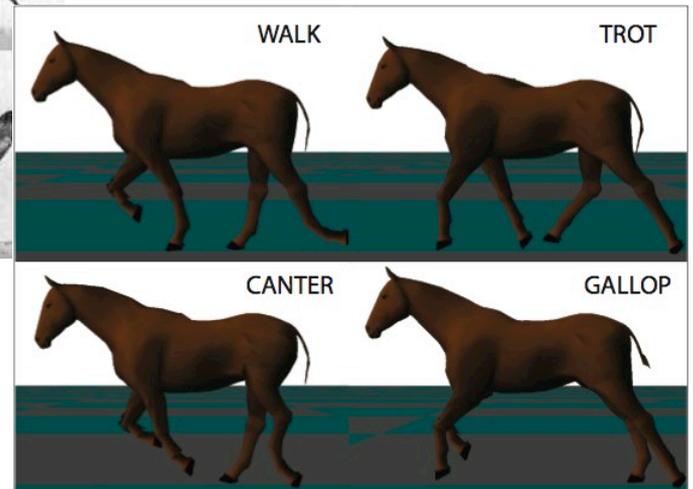
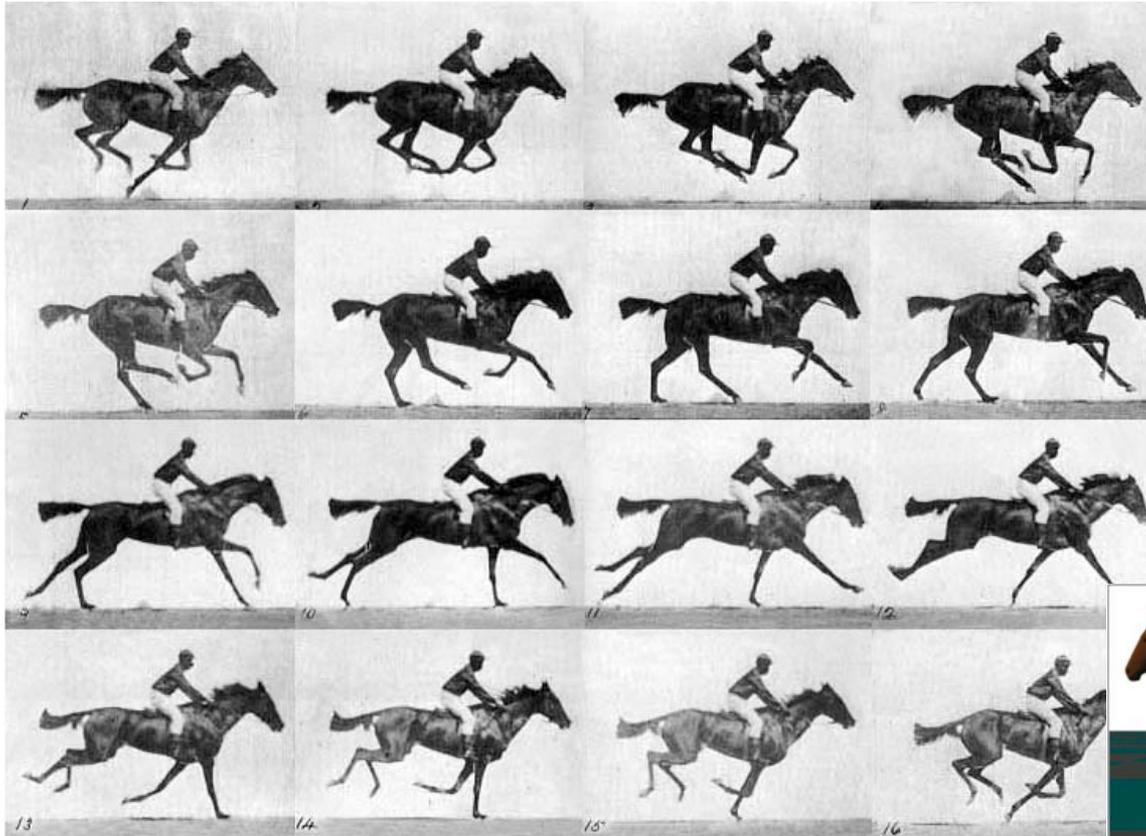
## Technical Systems (Robocup 2013)



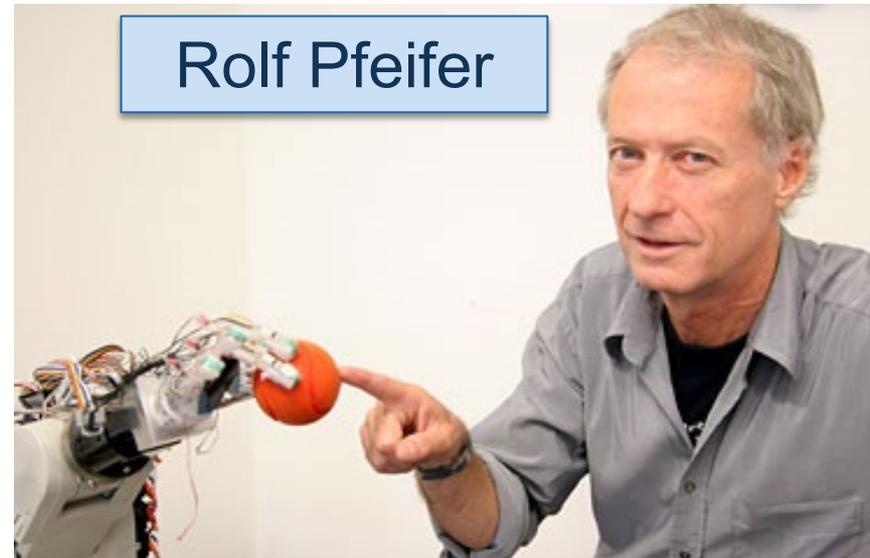
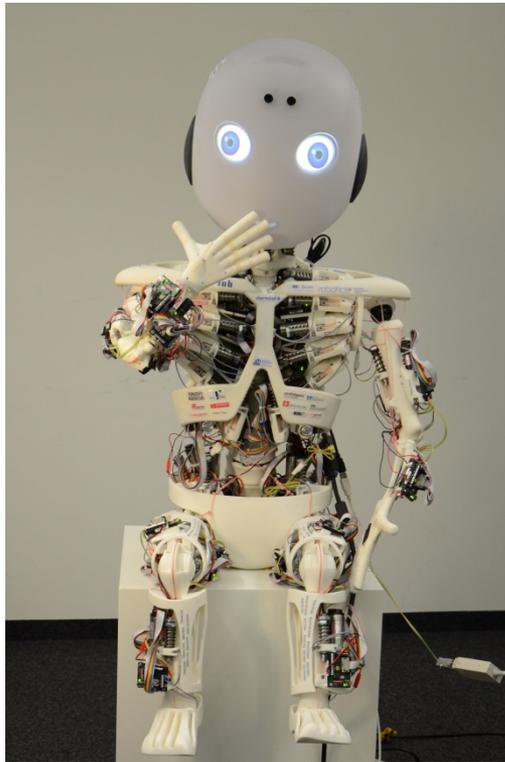
Pennsylvania Ballet's Valerie Amiss and Jonathon Stilesin the world premiere of Kirk Peterson's "Dancing With Monet (A Gathering at Argenteuil)"  
Photo: Paul Kolnik

## Biological Systems

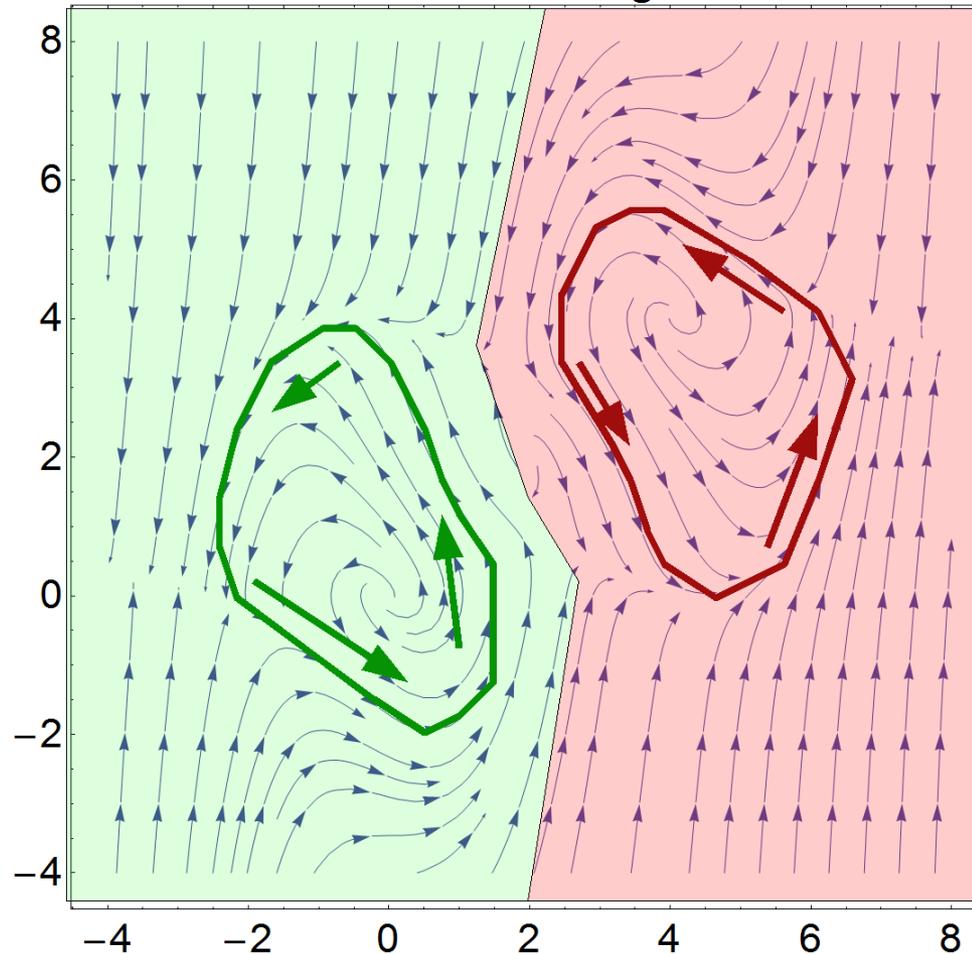
# Gangarten



**Kontrolle eines Roboters wird teilweise an die Dynamik des Roboterkörpers ausgelagert.**

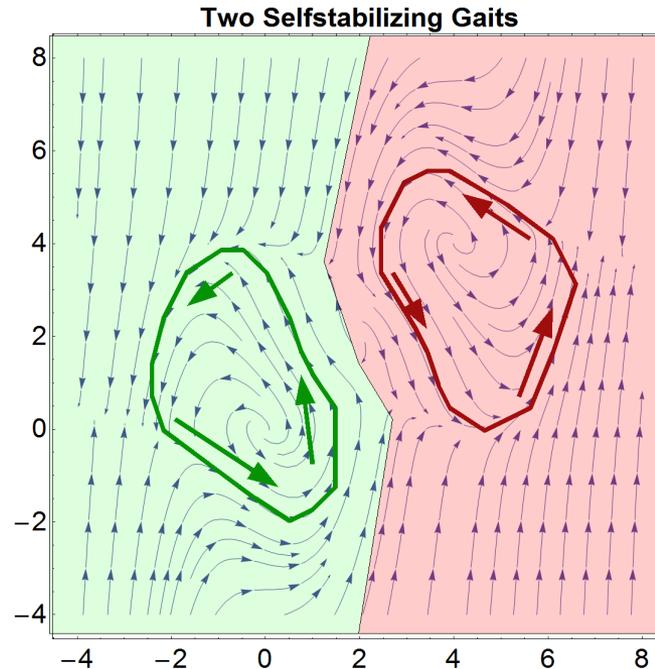


Two Selfstabilizing Gaits



- Das **Gehirn** wählt das "basin of attraction".
- Die **Body-dynamics** treibt den Körper auf den Attraktor (und behält ihn dort).

# Gangarten: Da wäre noch mehr zu sagen



- **Transient time should be short.**
- **Fluctuations: Strong damping**
- **Attractor landscape can be changed.**

# Anpassung von Attraktoren

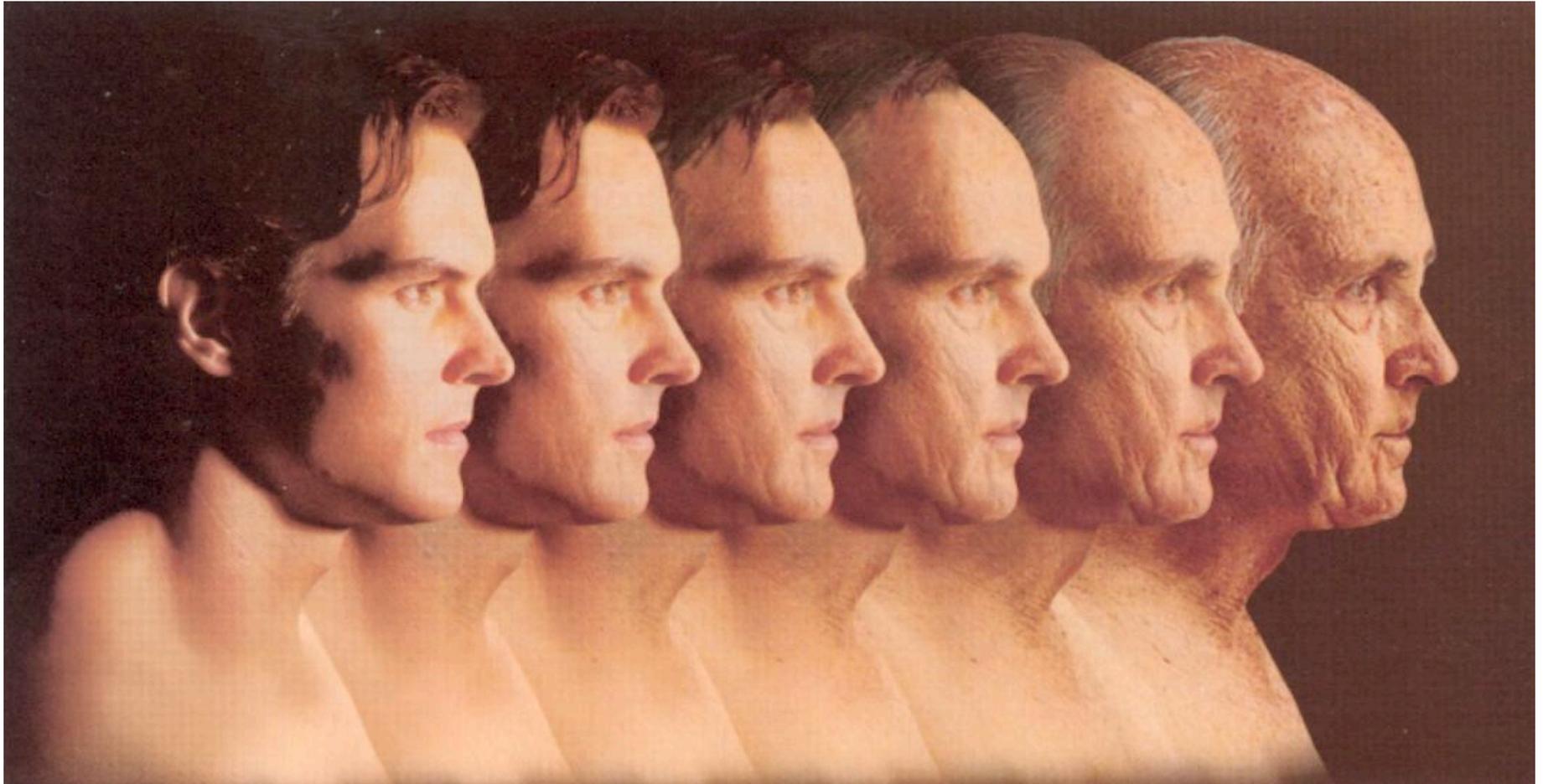
**Training → Das Gehirn lernt, in welche Positur der Körper gebracht werden muss, um eine Bewegung optimal zu unterstützen.**



Erfahrener Skifahrer: Positur und Körperspannung sind essentiell, um auf unerwartete Bumps zu reagieren.

Schack, T., & Ritter, H (2009). .

# Alterung



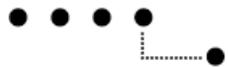
# Good News from MorphControl!

**Wir können Ihren Körper nicht  
verjüngen.**

**Aber vielleicht können wir Ihre  
Attraktorlandscape verjüngen.**

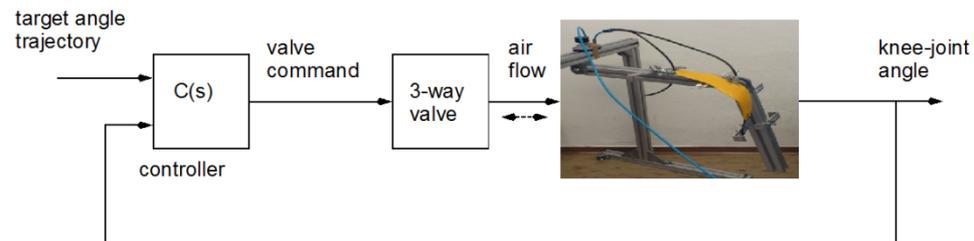
**Und vielleicht können wir  
messen, ob sich eine  
Veränderung anbahnt.**

# Erste Schritte zu einem Supportsystem



**Berner Fachhochschule**

Mechanical knee-joint simulator with  
tensairity actuators



A.Dzyakanchuk, Kenneth Hunt, R. Füchsli, R. Luchsinger, M. Muster

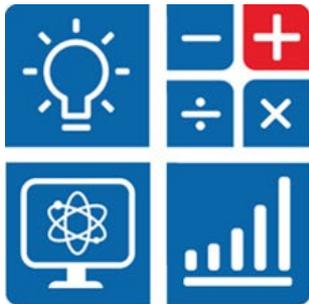
# Die Zukunft des Modellierens

- Manchmal kann man keine Modelle bilden.
- Aber heute haben wir viele Daten!
- → "Deep Learning"



# Die Zukunft des Modellierens

- Ihr Deep Learning / Big Data Partner:



**datalab**

[www.zhaw.ch/datalab](http://www.zhaw.ch/datalab)

# Mission ZHAW

- Angewandte Forschung:
  - Forschung in der realen Welt
  - "Wozu" und "Wie" kein Gegensatz
- Wieso Modelle?
  - **Verstehen** wir die **Vergangenheit**?
  - Wie können wir die **Gegenwart optimieren**?
  - **Abschätzung der Zukunft**
  - Die nicht – ideale Welt: **Fluktuationen**
  - Wahrscheinlichkeiten: **Best / Worst Case**
- Wieso evolutive Methoden?
  - Manchmal gibt es keine direkte Lösung.
  - Evolution sieht nicht in die Zukunft, unterliegt aber auch nicht den Beschränkungen unseres Denkens.

# Immer interessiert an der realen Welt

## Prof. Dr. Rudolf M. Füchslin

Institute for Applied Mathematics and Physics  
Head of Group for Applied Complex Systems Sciences  
Technikumstr. 9  
CH-8401 Winterthur, Switzerland  
[www.zhaw.ch/iamp](http://www.zhaw.ch/iamp)

European Centre for Living Technology  
Co - director  
S.Marco 2940  
30124 Venice, Italy  
<http://www.ecltech.org/>

Office: +41(0)58 934 75 92  
+39 0 41 234 75 94  
Mobile: +41(0)79 232 74 36

Skype : rudolf.marcel.fuechslin

[rudolf.fuechslin@zhaw.ch](mailto:rudolf.fuechslin@zhaw.ch)

